

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-005521

(43)Date of publication of application : 06.01.2005

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

(21)Application number : 2003-168037

(71)Applicant : NIKON CORP

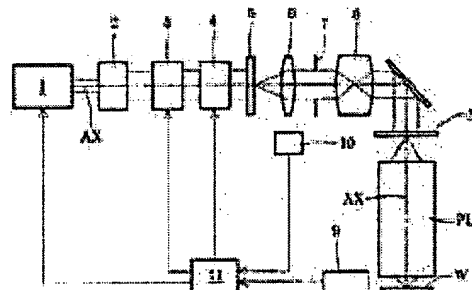
(22)Date of filing : 12.06.2003

(72)Inventor : KUDO YUJI

**(54) DEVICE AND METHOD FOR EXPOSING, AND POLARIZATION STATE MEASUREMENT DEVICE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an aligner capable of determining the appropriate polarization state of illuminating light to a mask and obtaining a desired polarization state with appropriate optical adjustment as required.

**SOLUTION:** The aligner having illuminating systems (1 to 8) for illuminating the mask (M) and exposing a pattern formed on the mask to a photosensitive plate (W) has a polarized state measuring means (9) for measuring the polarized state of the illuminating light to at least either of the mask or the photosensitive plate. The illuminating system also has a polarized state variable means (3) for varying the polarized state of the illuminating light to the mask.



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-5521

(P2005-5521A)

(43) 公開日 平成17年1月6日(2005.1.6)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01L 21/027

G03F 7/20

F1

H01L 21/30

515D

G03F 7/20

521

テーマコード(参考)

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2003-168037(P2003-168037)

(22) 出願日 平成15年6月12日(2003.6.12)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(74) 代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

(72) 発明者 工藤 祐司

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

Fターム(参考) 5F046 BA03 CB05 CB07 CB10 CB13

CB14 CB15 CB19 CB23

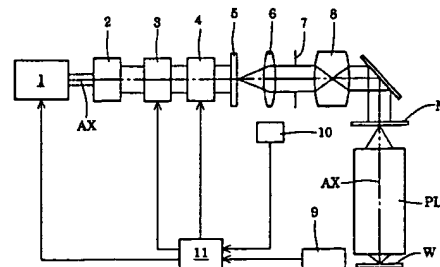
(54) 【発明の名称】 露光装置、露光方法、および偏光状態測定装置

(57) 【要約】

【課題】 マスクに対する照明光が適切な偏光状態になっているかどうかを判定することができ、必要に応じて適切な光学調整により所望の偏光状態を実現することのできる露光装置。

【解決手段】 マスク(M)を照明するための照明系(1~8)を備え、マスクに形成されたパターンを感光性基板(W)に露光する露光装置。マスクおよび感光性基板のうちの少なくとも一方に対する照明光の偏光状態を測定するための偏光状態測定手段(9)を備えている。また、照明系は、マスクに対する照明光の偏光状態を変化させるための偏光状態可変手段(3)をさらに備えている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

マスクを照明するための照明系を備え、前記マスクに形成されたパターンを感光性基板に露光する露光装置において、

前記マスクおよび前記感光性基板のうちの少なくとも一方に対する照明光の偏光状態を測定するための偏光状態測定手段を備え、

前記偏光状態測定手段は、移相子と、偏光子と、前記移相子および前記偏光子を介した光を検出するための光検出器とを有し、

前記移相子および前記偏光子のうちの少なくとも一方は光軸を中心として回転可能に構成され、

前記偏光状態測定手段は、前記移相子と前記偏光子との相対的な回転角度の異なる少なくとも4つの状態を設定するための設定手段をさらに備えていることを特徴とする露光装置。

10

## 【請求項 2】

前記偏光状態測定手段は、前記マスクが設定される第1面内の複数の位置、あるいは前記感光性基板が設定される第2面内の複数の位置における前記照明光の偏光状態を測定することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

## 【請求項 3】

前記偏光状態測定手段は、前記マスクの位置またはその近傍、前記マスクの共役位置またはその近傍、前記感光性基板の位置またはその近傍、あるいは前記感光性基板の共役位置またはその近傍に位置決め可能なピンホール部材を有し、

前記ピンホール部材のピンホールを通過した光に基づいて前記照明光の偏光状態を測定することを特徴とする請求項1または2に記載の露光装置。

20

## 【請求項 4】

前記光検出器は、前記照明光の瞳内における偏光状態の分布を測定するために所定の位置に設定された二次元的な検出面を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の露光装置。

## 【請求項 5】

前記偏光状態測定手段は、その光路中に配置された反射鏡を有し、該反射鏡の偏光特性による偏光状態への影響に基づいて測定結果を補正することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の露光装置。

30

## 【請求項 6】

前記マスクに対する照明光の偏光状態または前記感光性基板に対する照明光の偏光状態を変化させるための偏光状態可変手段をさらに備えていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の露光装置。

## 【請求項 7】

前記偏光状態測定手段の測定結果に基づいて前記偏光状態可変手段の動作を制御するための制御手段をさらに備えていることを特徴とする請求項6に記載の露光装置。

## 【請求項 8】

前記照明系は、偏光度0.9以上の光を供給するための光源と、該光源からの光を前記マスクへ導くための導光光学系とを有し、

前記偏光状態可変手段は、前記導光光学系の光路中に配置された移相子を有することを特徴とする請求項6または7に記載の露光装置。

40

## 【請求項 9】

前記偏光状態可変手段は、前記導光光学系の光路中において前記移相子のマスク側に配置された偏光解消素子を有することを特徴とする請求項8に記載の露光装置。

## 【請求項 10】

前記制御手段は、前記マスクのパターン特性に応じて前記偏光状態可変手段の動作を制御することを特徴とする請求項7乃至9のいずれか1項に記載の露光装置。

## 【請求項 11】

50

マスクを照明し、前記マスクに形成されたパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

前記マスクおよび前記感光性基板のうちの少なくとも一方に対する照明光の偏光状態を測定する偏光状態測定工程を含み、

前記偏光状態測定工程は、移相子および偏光子を介した光を検出する工程を含み、前記移相子と前記偏光子との相対的な回転角度の異なる少なくとも4つの状態において検出した光に基づいて前記照明光の偏光状態を測定することを特徴とする露光方法。

【請求項12】

前記偏光状態測定工程では、前記マスクが設定される第1面内の複数の位置、あるいは前記感光性基板が設定される第2面内の複数の位置における前記照明光の偏光状態を測定することを特徴とする請求項11に記載の露光方法。

10

【請求項13】

前記偏光状態測定工程では、前記マスクの位置またはその近傍、前記マスクの共役位置またはその近傍、前記感光性基板の位置またはその近傍、あるいは前記感光性基板の共役位置またはその近傍に位置決めされたピンホールを通過した光に基づいて前記照明光の偏光状態を測定することを特徴とする請求項11または12に記載の露光方法。

【請求項14】

前記偏光状態測定工程では、前記照明光の瞳内における偏光状態の分布を測定するために、前記移相子および前記偏光子を介した光を所定の位置に設定された二次元的な検出面で検出することを特徴とする請求項11乃至13のいずれか1項に記載の露光方法。

20

【請求項15】

前記偏光状態測定工程は、光路中に配置された反射鏡の偏光特性による偏光状態への影響に基づいて測定結果を補正する工程を含むことを特徴とする請求項11乃至14のいずれか1項に記載の露光方法。

【請求項16】

前記偏光状態測定工程の測定結果に基づいて前記マスクに対する照明光の偏光状態または前記感光性基板に対する照明光の偏光状態を変化させる偏光状態可変工程をさらに含むことを特徴とする請求項11乃至15のいずれか1項に記載の露光方法。

【請求項17】

前記偏光状態可変工程では、前記マスクのパターン特性に応じて前記マスクに対する照明光の偏光状態を変化させることを特徴とする請求項16に記載の露光方法。

30

【請求項18】

結像光学系の像面に入射する結像光の偏光状態を測定する偏光状態測定装置であって、移相子と、偏光子と、前記移相子および前記偏光子を介した光を検出するための光検出器とを備え、

前記移相子および前記偏光子のうちの少なくとも一方は光軸を中心として回転可能に構成され、

前記移相子と前記偏光子との相対的な回転角度の異なる少なくとも4つの状態を設定するための設定手段をさらに備えていることを特徴とする偏光状態測定装置。

【請求項19】

40

前記偏光状態測定装置は、前記像面内の複数の位置における前記結像光の偏光状態を測定することを特徴とする請求項18に記載の偏光状態測定装置。

【請求項20】

前記像面またはその近傍に位置決め可能なピンホール部材をさらに備え、該ピンホール部材のピンホールを通過した光に基づいて前記結像光の偏光状態を測定することを特徴とする請求項18または19に記載の偏光状態測定装置。

【請求項21】

前記光検出器は、前記結像光の瞳内における偏光状態の分布を測定するために所定の位置に設定された二次元的な検出面を有することを特徴とする請求項18乃至20のいずれか1項に記載の偏光状態測定装置。

50

## 【請求項 2 2】

前記ピンホール部材と前記光検出器との間の光路中に配置された反射鏡をさらに備え、該反射鏡による偏光特性への影響に基づいて測定結果を補正することを特徴とする請求項 2 0 または 2 1 に記載の偏光状態測定装置。

## 【請求項 2 3】

マスクを照明するための照明系を備え、前記マスクに形成されたパターンを感光性基板に露光する露光装置において、

前記マスクおよび前記感光性基板のうちの少なくとも一方に対する照明光に関する少なくとも 4 つのストークスパラメーターを測定するための偏光状態測定手段を備えていることを特徴とする露光装置。

10

## 【請求項 2 4】

マスクを照明し、前記マスクに形成されたパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

前記マスクおよび前記感光性基板のうちの少なくとも一方に対する照明光に関する少なくとも 4 つのストークスパラメーターを測定するための偏光状態測定工程を含むことを特徴とする露光方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0 0 0 1】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、露光装置、露光方法、および偏光状態測定装置に関し、特に半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィー工程で製造するために使用される露光装置に関するものである。

20

## 【0 0 0 2】

## 【従来の技術】

この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光束が、オプティカルインテグレートとしてのフライアイレンズ（またはマイクロレンズアレイなど）を介して、多数の光源からなる実質的な面光源としての二次光源を形成する。二次光源からの光束は、フライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサーレンズに入射する。

## 【0 0 0 3】

コンデンサーレンズにより集光された光束は、所定のパターンが形成されたマスクを重畳的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介してウェハ上に結像する。こうして、ウェハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

30

## 【0 0 0 4】

現在、露光光源として、波長が約 2 4 8 n m の光を供給する K r F エキシマレーザ光源や、波長が約 1 9 3 n m の光を供給する A r F エキシマレーザ光源などが用いられている。これらのエキシマレーザ光源から供給される光束の 9 5 % 以上が直線偏光である。

## 【0 0 0 5】

## 【発明が解決しようとする課題】

従来の露光装置では、上述の光源から供給される直線偏光の光を非偏光の光に変換し、非偏光状態の光でマスクを照明するのが通常である。ただし、マスクパターンの方向性によっては、直線偏光の光でマスクを照明することも考えられる。従来技術では、マスクに対する照明光が適切な偏光状態（非偏光状態を含む）になっているかどうかを判定することができず、その結果、マスクに対する照明光の偏光状態を適切に調整したり制御したりすることができなかった。

40

## 【0 0 0 6】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、マスクに対する照明光が適切な偏光状態になっているかどうかを判定することができ、必要に応じて適切な光学調整により所

50

望の偏光状態を実現することのできる露光装置および露光方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、マスクを照明するための照明系を備え、前記マスクに形成されたパターンを感光性基板に露光する露光装置において、前記マスクおよび前記感光性基板のうちの少なくとも一方に対する照明光の偏光状態を測定するための偏光状態測定手段を備え、

前記偏光状態測定手段は、移相子と、偏光子と、前記移相子および前記偏光子を介した光を検出するための光検出器とを有し、

前記移相子および前記偏光子のうちの少なくとも一方は光軸を中心として回転可能に構成され、

前記偏光状態測定手段は、前記移相子と前記偏光子との相対的な回転角度の異なる少なくとも4つの状態を設定するための設定手段をさらに備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0008】

第1形態の好ましい態様によれば、前記偏光状態測定手段は、前記マスクが設定される第1面内の複数の位置、あるいは前記感光性基板が設定される第2面内の複数の位置における前記照明光の偏光状態を測定する。また、前記偏光状態測定手段は、前記マスクの位置またはその近傍、前記マスクの共役位置またはその近傍、前記感光性基板の位置またはその近傍、あるいは前記感光性基板の共役位置またはその近傍に位置決め可能なピンホール部材を有し、前記ピンホール部材のピンホールを通過した光に基づいて前記照明光の偏光状態を測定することが好ましい。

【0009】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記光検出器は、前記照明光の瞳内における偏光状態の分布を測定するために所定の位置に設定された二次元的な検出面を有する。また、前記偏光状態測定手段は、その光路中に配置された反射鏡を有し、該反射鏡の偏光特性による偏光状態への影響に基づいて測定結果を補正することが好ましい。

【0010】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記マスクに対する照明光の偏光状態または前記感光性基板に対する照明光の偏光状態を変化させるための偏光状態可変手段をさらに備えている。この場合、前記偏光状態測定手段の測定結果に基づいて前記偏光状態可変手段の動作を制御するための制御手段をさらに備えていることが好ましい。

【0011】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記照明系は、偏光度0.9以上の光を供給するための光源と、該光源からの光を前記マスクへ導くための導光光学系とを有し、前記偏光状態可変手段は、前記導光光学系の光路中に配置された移相子を有する。この場合、前記偏光状態可変手段は、前記導光光学系の光路中において前記移相子のマスク側に配置された偏光解消素子を有することが好ましい。また、前記制御手段は、前記マスクのパターン特性に応じて前記偏光状態可変手段の動作を制御することが好ましい。

【0012】

本発明の第2形態では、マスクを照明し、前記マスクに形成されたパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

前記マスクおよび前記感光性基板のうちの少なくとも一方に対する照明光の偏光状態を測定する偏光状態測定工程を含み、

前記偏光状態測定工程は、移相子および偏光子を介した光を検出する工程を含み、前記移相子と前記偏光子との相対的な回転角度の異なる少なくとも4つの状態において検出した光に基づいて前記照明光の偏光状態を測定することを特徴とする露光方法を提供する。

【0013】

第2形態の好ましい態様によれば、前記偏光状態測定工程では、前記マスクが設定される

10

20

30

40

50

第1面内の複数の位置、あるいは前記感光性基板が設定される第2面内の複数の位置における前記照明光の偏光状態を測定する。また、前記偏光状態測定工程では、前記マスクの位置またはその近傍、前記マスクの共役位置またはその近傍、前記感光性基板の位置またはその近傍、あるいは前記感光性基板の共役位置またはその近傍に位置決めされたピンホールを通過した光に基づいて前記照明光の偏光状態を測定することが好ましい。

【0014】

また、第2形態の好ましい態様によれば、前記偏光状態測定工程では、前記照明光の瞳内における偏光状態の分布を測定するために、前記移相子および前記偏光子を介した光を所定の位置に設定された二次元的な検出面で検出する。また、前記偏光状態測定工程は、光路中に配置された反射鏡の偏光特性による偏光状態への影響に基づいて測定結果を補正する工程を含むことが好ましい。

10

【0015】

また、第2形態の好ましい態様によれば、前記偏光状態測定工程の測定結果に基づいて前記マスクに対する照明光の偏光状態または前記感光性基板に対する照明光の偏光状態を変化させる偏光状態可変工程をさらに含む。また、前記偏光状態可変工程では、前記マスクのパターン特性に応じて前記マスクに対する照明光の偏光状態を変化させることが好ましい。

【0016】

本発明の第3形態では、結像光学系の像面に入射する結像光の偏光状態を測定する偏光状態測定装置であって、

20

移相子と、偏光子と、前記移相子および前記偏光子を介した光を検出するための光検出器とを備え、

前記移相子および前記偏光子のうちの少なくとも一方は光軸を中心として回転可能に構成され、

前記移相子と前記偏光子との相対的な回転角度の異なる少なくとも4つの状態を設定するための設定手段をさらに備えていることを特徴とする偏光状態測定装置を提供する。

【0017】

第3形態の好ましい態様によれば、前記偏光状態測定装置は、前記像面内の複数の位置における前記結像光の偏光状態を測定する。また、前記像面またはその近傍に位置決め可能なピンホール部材をさらに備え、該ピンホール部材のピンホールを通過した光に基づいて前記結像光の偏光状態を測定することが好ましい。

30

【0018】

また、第3形態の好ましい態様によれば、前記光検出器は、前記結像光の瞳内における偏光状態の分布を測定するために所定の位置に設定された二次元的な検出面を有する。また、前記ピンホール部材と前記光検出器との間の光路中に配置された反射鏡をさらに備え、該反射鏡による偏光特性への影響に基づいて測定結果を補正することが好ましい。

【0019】

本発明の第4形態では、マスクを照明するための照明系を備え、前記マスクに形成されたパターンを感光性基板に露光する露光装置において、

前記マスクおよび前記感光性基板のうちの少なくとも一方に対する照明光に関する少なくとも4つのストークスパラメータを測定するための偏光状態測定手段を備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

40

【0020】

本発明の第5形態では、マスクを照明し、前記マスクに形成されたパターンを感光性基板に露光する露光方法において、

前記マスクおよび前記感光性基板のうちの少なくとも一方に対する照明光に関する少なくとも4つのストークスパラメータを測定するための偏光状態測定工程を含むことを特徴とする露光方法を提供する。

【0021】

【発明の実施の形態】

50

マスクのパターン特性、例えばその微細度および方向性に応じて照明光（露光光）の偏光状態を適切に制御することによって、露光装置の結像性能を高めることができる。特に、投影光学系の限界解像力に近い微細度のパターンに対しては、パターンの方向性に応じて照明光の偏光方向を適切に設定する必要がある。例えば、縦長（横長）のライン状のパターンであれば、縦方向（横方向）に振動方向を有する直線偏光の光でマスク（ひいては感光性基板）を照明することが好ましい。また、例えば、縦長のラインと横長のラインとが混在するような2方向パターンであれば、非偏光の光でマスク（ひいては感光性基板）を照明することが好ましい。

#### 【0022】

本発明では、マスクおよび感光性基板のうちの少なくとも一方に対する照明光の偏光状態（非偏光状態を含む）を測定するための偏光状態測定手段を備えている。したがって、たとえばマスクを照明する光の偏光状態を測定し、照明光が適切な偏光状態になっているかどうかを判定することができる。その結果、マスクへの照明光が適切な偏光状態になっていなければ、適切な光学調整により所望の偏光状態を実現することができる。

10

#### 【0023】

以上のように、本発明の露光装置および露光方法では、マスクに対する照明光が適切な偏光状態になっているかどうかを判定することができ、必要に応じて適切な光学調整により所望の偏光状態を実現することができる。その結果、所望の偏光状態の光でマスクを照明し、適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことができ、ひいては良好なマイクロデバイスを製造することができる。

20

#### 【0024】

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

図1は、本発明の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。また、図2は、図1の偏光状態可変部の内部構成を概略的に示す図である。また、図3は、図1の偏光状態可変部の作用を説明する図である。また、図4は、図1の偏光状態測定装置の内部構成を概略的に示す図である。

#### 【0025】

図1を参照すると、本実施形態の露光装置は、露光光（照明光）を供給するための光源1を備えている。光源1として、たとえば約193nmの波長を有する光を供給するArFエキシマレーザ光源または約248nmの波長を有する光を供給するKrFエキシマレーザ光源を用いることができる。すなわち、光源1は、偏光度0.95以上の光を供給するための狭帯化エキシマレーザ光源であり、その射出光束の95%以上が一方方向に沿って振動方向を有する直線偏光である。

30

#### 【0026】

偏光度Vは、次の式(a)により表わされる。式(a)において、 $S_0$ は全強度を、 $S_1$ は水平直線偏光強度マイナス垂直直線偏光強度を、 $S_2$ は45度直線偏光強度マイナス135度直線偏光強度を、 $S_3$ は右まわり円偏光強度マイナス左まわり円偏光強度をそれぞれ表わしている。ここで、 $S_0 \sim S_3$ はストークスパラメーターと呼ばれる。

$$V = (S_1^2 + S_2^2 + S_3^2)^{1/2} / S_0 \quad (a)$$

#### 【0027】

光源1から射出されたほぼ平行な光束は、周知の構成を有するビーム送光系2を介して所定の矩形状の断面を有する光束に整形された後、偏光状態可変部3に入射する。ビーム送光系2は、入射光束を適切な大きさおよび形状の断面を有する光束に変換しつつ偏光状態可変部3へ導くとともに、後段の偏光状態可変部3へ入射する光束の位置変動および角度変動をアクティブに補正する機能を有する。

40

#### 【0028】

一方、偏光状態可変部3は、後述のウェハWに対する照明光（ひいてはマスクMに対する照明光）の偏光状態を変化させる機能を有する。具体的には、偏光状態可変部3は、入射した直線偏光の光を振動方向の異なる直線偏光に変換したり、入射した直線偏光の光を非偏光の光に変換したり、入射した直線偏光の光を変換することなくそのまま射出したりす

50



る。なお、偏光状態可変部 3 の詳細な構成および作用については後述する。

#### 【0029】

偏光状態可変部 3 により必要に応じて偏光状態の変換された光束は、ビーム形状可変部 4 を介して、マイクロレンズアレイ（またはフライアイレンズ）5 に入射する。ビーム形状可変部 4 は、たとえば回折光学素子や変倍光学系などを含み、マイクロレンズアレイ 5 の入射面に形成される照野の大きさおよび形状を、ひいてはマイクロレンズアレイ 5 の後側焦点面（照明瞳面）に形成される面光源の大きさおよび形状を変化させる機能を有する。

#### 【0030】

一方、マイクロレンズアレイ 5 は、たとえば縦横に且つ稠密に配列された多数の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子であり、平行平板面にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成される。ここで、マイクロレンズアレイを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。

10

#### 【0031】

また、マイクロレンズアレイは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズ（微小屈折面）が互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、レンズ要素が縦横に配置されている点でマイクロレンズアレイはフライアイレンズと同じ波面分割型のオプティカルインテグレータである。なお、マイクロレンズアレイ 5 に代えて、回折光学素子や角柱状のロッド型インテグレータのようなオプティカルインテグレータを用いることもできる。

#### 【0032】

マイクロレンズアレイ 5 に入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、光束が入射した各微小レンズの後側焦点面には光源がそれぞれ形成される。こうして、マイクロレンズアレイ 5 の後側焦点面には、多数の光源からなる実質的な面光源（以下、「二次光源」という）が形成される。マイクロレンズアレイ 5 の後側焦点面に形成された二次光源からの光束は、コンデンサー光学系 6 を介した後、マスクブラインド 7 を重疊的に照明する。なお、マイクロレンズアレイ 5 の後側または前側に開口絞りを配置して光束を制限することも可能である。

20

#### 【0033】

こうして、照明視野絞りとしてのマスクブラインド 7 には、マイクロレンズアレイ 5 を構成する各微小レンズの形状と焦点距離とに応じた矩形状の照野が形成される。マスクブラインド 7 の矩形状の開口部（光透過部）を介した光束は、結像光学系 8 の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスク（レチクル）M を重疊的に照明する。こうして、結像光学系 8 は、マスクブラインド 7 の矩形状開口部の像をマスク M 上に形成することになる。

30

#### 【0034】

マスク M のパターンを透過した光束は、投影光学系 P L を介して、感光性基板であるウェハ W 上にマスクパターンの像を形成する。こうして、こうして、投影光学系 P L の光軸 A X と直交する平面内においてウェハ W を二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハ W の各露光領域にはマスク M のパターンが逐次露光される。

40

#### 【0035】

本実施形態の露光装置は、ウェハ W に対する照明光の偏光状態を測定するための偏光状態測定装置 9 と、たとえばコンデンサー光学系 6 の光路からビームスプリッター（不図示）を介して取り出された光に基づいて照明光（露光光）の光量を検出するための周知の構成を有する光量検出部 10 とを備えている。なお、偏光状態測定装置 9 の詳細な構成および作用については後述する。また、光量検出部 10 では、コンデンサー光学系 6 の光路に限定されることなく、他の適当な光路から取り出された光に基づいて光量を検出することもできる。

#### 【0036】

偏光状態測定装置 9 の測定結果および光量検出部 10 の検出結果は、制御部 11 に供給さ

50

れる。制御部 11 は、偏光状態測定装置 9 の測定結果に基づいて偏光状態可変部 3 の動作を制御し、光量検出部 10 の検出結果に基づいて光源 1 の出力を制御する。また、制御部 11 は、マスク M のパターン特性（微細度、方向性など）に応じて、偏光状態可変部 3 の動作およびビーム形状可変部 4 の動作をそれぞれ制御する。

【0037】

図 2 を参照すると、偏光状態可変部 3 は、光源側から順に、水晶により形成された  $\lambda/2$  板 31 と、水晶により形成された偏角プリズムすなわち水晶プリズム 32a と、石英ガラスにより形成された偏角プリズムすなわち石英プリズム 32b とにより構成されている。 $\lambda/2$  板 31、水晶プリズム 32a および石英プリズム 32b は、光軸 AX を中心としてそれぞれ回転可能に構成されている。こうして、 $\lambda/2$  板 31 は移相子を構成し、水晶プリズム 32a と石英プリズム 32b とは偏光解消素子 32 を構成している。ここで、水晶プリズム 32a は偏光解消作用を有し、石英プリズム 32b は水晶プリズム 32a の偏角作用による光線の曲がりを補正する機能を有する。

10

【0038】

図 3 (a) を参照すると、縦方向（図 3 中の鉛直方向）の直線偏光の入射光に対して、 $\lambda/2$  板 31 の結晶光学軸 31a が縦方向に対して 45 度の角度をなすように設定されているので、 $\lambda/2$  板 31 からの射出光は横方向の直線偏光に変換される。そして、横方向の直線偏光の入射光に対して、偏光解消素子 32 を構成する水晶プリズム 32a の結晶光学軸 32c が横方向に設定されているので、偏光解消素子 32 からの射出光は偏光解消作用を受けることなく横方向の直線偏光のままである。すなわち、図 3 (a) の状態では、偏光状態可変部 3 に入射した縦方向の直線偏光の光は、横方向の直線偏光の光に変換されてビーム形状可変部 4 へ導かれる。

20

【0039】

図 3 (b) を参照すると、縦方向の直線偏光の入射光に対して、 $\lambda/2$  板 31 の結晶光学軸 31a が縦方向に設定されているので、 $\lambda/2$  板 31 からの射出光は移相作用を受けることなく縦方向の直線偏光のままである。そして、縦方向の直線偏光の入射光に対して、水晶プリズム 32a の結晶光学軸 32c が縦方向に対して 45 度の角度をなすように設定されているので、偏光解消素子 32 からの射出光は偏光解消作用を受けて非偏光に変換される。すなわち、図 3 (b) の状態では、偏光状態可変部 3 に入射した縦方向の直線偏光の光は、非偏光状態の光に変換されてビーム形状可変部 4 へ導かれる。

30

【0040】

図 3 (c) を参照すると、縦方向の直線偏光の入射光に対して、 $\lambda/2$  板 31 の結晶光学軸 31a が縦方向に設定されているので、 $\lambda/2$  板 31 からの射出光は移相作用を受けることなく縦方向の直線偏光のままである。そして、縦方向の直線偏光の入射光に対して、水晶プリズム 32a の結晶光学軸 32c が縦方向に設定されているので、偏光解消素子 32 からの射出光は偏光解消作用を受けることなく縦方向の直線偏光のままである。すなわち、図 3 (c) の状態では、偏光状態可変部 3 に入射した縦方向の直線偏光の光は、偏光状態の変化を受けることなく縦方向の直線偏光のままビーム形状可変部 4 へ導かれる。

【0041】

図 4 を参照すると、偏光状態測定装置 9 は、ウェハ W の位置またはその近傍に位置決め可能なピンホール部材 90 を備えている。なお、偏光状態測定装置 9 の使用時には、ウェハ W は光路から退避する。ピンホール部材 90 のピンホール 90a を通過した光は、コリメートレンズ 91 を介してほぼ平行な光束になり、反射鏡 92 で反射された後、リレーレンズ系 93 に入射する。リレーレンズ系 93 を介したほぼ平行な光束は、移相子としての  $\lambda/4$  板 94 および偏光子としての偏光ビームスプリッター 95 を介した後、二次元 CCD 96 の検出面 96a に達する。

40

【0042】

ここで、 $\lambda/4$  板 94 は、光軸を中心として回転可能に構成されており、この  $\lambda/4$  板 94 には、その光軸を中心とした回転角を設定するための設定部 97 が接続されている。こうして、ウェハ W に対する照明光の偏光度が 0 でない場合には、設定部 97 を介して  $\lambda/$

50

4板94を光軸廻りに回転させることにより二次元CCD96の検出面96aにおける光強度分布が変化する。したがって、偏光状態測定装置9では、設定部97を用いて $\lambda/4$ 板94を光軸廻りに回転させながら検出面96aにおける光強度分布の変化を検出し、この検出結果から回転移相子法により照明光の偏光状態を測定することができる。

【0043】

なお、回転移相子法については、例えば鶴田著、「光の鉛筆－光技術者のための応用光学」、株式会社新技術コミュニケーションズなどに詳しく記載されている。実際には、ピンホール部材90（ひいてはピンホール90a）をウェハ面に沿って二次元的に移動させつつ、ウェハ面内の複数の位置における照明光の偏光状態を測定する。このとき、偏光状態測定装置9では、二次元的な検出面96aにおける光強度分布の変化を検出するので、この検出分布情報に基づいて照明光の瞳内における偏光状態の分布を測定することができる。

10

【0044】

ところで、偏光状態測定装置9では、移相子として $\lambda/4$ 板94に代えて $\lambda/2$ 板を用いることも可能である。どのような移相子を用いたとしても、偏光状態、すなわち4つのストークスパラメータを測定するためには、移相子と偏光子（偏光ビームスプリッター95）との光軸廻りの相対角度を変えたり、移相子または偏光子を光路から退避させたりして、少なくとも4つの異なる状態で検出面96aにおける光強度分布の変化を検出する必要がある。なお、本実施形態では移相子としての $\lambda/4$ 板94を光軸廻りに回転させたが、偏光子としての偏光ビームスプリッター95を光軸廻りに回転させても良く、移相子および偏光子の双方を光軸廻りに回転させても良い。また、この動作に代えて、あるいはこの動作に加えて、移相子としての $\lambda/4$ 板94および偏光子としての偏光ビームスプリッター95のうちの一方または双方を光路から挿脱させても良い。

20

【0045】

また、偏光状態測定装置9では、反射鏡92の偏光特性により光の偏光状態が変化してしまう場合がある。この場合、反射鏡92の偏光特性は予めわかっているので、所要の計算によって反射鏡92の偏光特性の偏光状態への影響に基づいて偏光状態測定装置9の測定結果を補正し、照明光の偏光状態を正確に測定することができる。また、反射鏡に限らず、レンズなどの他の光学部品に起因して偏光状態が変化してしまう場合でも同様に測定結果を補正し、照明光の偏光状態を正確に測定することができる。

30

【0046】

以上のように、本実施形態では、偏光状態測定装置9を用いてウェハWに対する照明光（ひいてはマスクMに対する照明光）の偏光状態を測定し、照明光が適切な偏光状態になっているかどうかを判定することができる。こうして、マスクMへの照明光が適切な偏光状態になっていなければ、たとえば偏光状態可変部3における適切な光学調整により所望の偏光状態（非偏光状態を含む）を実現することができる。その結果、所望の偏光状態の光でマスクMを照明し、適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことができる。

【0047】

また、本実施形態では、偏光状態可変部3を用いて、マスクMに対する照明光の偏光状態を、たとえば縦方向の直線偏光と横方向の直線偏光と非偏光との間で変化させることができる。具体的には、たとえばマスクMのパターンが縦長（横長）のライン状である場合、縦方向（横方向）の直線偏光の光でマスクMを照明する。また、たとえばマスクMのパターンが縦長のラインと横長のラインとの混在する2方向パターンである場合、非偏光の光でマスクMを照明する。その結果、マスクMのパターン特性、例えばその微細度および方向性に応じて照明光の偏光状態を適切に制御することによって、露光装置の結像性能を高めることができる。

40

【0048】

なお、上述の実施形態では、 $\lambda/2$ 板31と水晶プリズム32aと石英プリズム32bとにより偏光状態可変部3を構成している。しかしながら、これに限定されることなく、偏光状態可変部3の具体的な構成については様々な変形例が可能である。図5は、変形例に

50

かかる偏光状態可変部の構成を概略的に示す図である。図5を参照すると、変形例にかかる偏光状態可変部では、 $\lambda/2$ 板31に代えてフレネルロム $\lambda/2$ 板34を用いるとともに、水晶プリズム32aと石英プリズム32bとからなる偏光解消素子32に代えて一对の偏光ビームスプリッター(35a, 35b)と一对のミラー(35c, 35d)を組み合わせて構成された遅延型デポライザー35を用いている。なお、図5では、フレネルロム $\lambda/2$ 板34および遅延型デポライザー35のうちの少なくとも一方の回転角を設定するための設定部の図示を省略している。

#### 【0049】

フレネルロム $\lambda/2$ 板34は、光軸AX廻りの回転により $\lambda/2$ 板31と同様な移相子として機能する。一方、遅延型デポライザー35では、第1偏光ビームスプリッター35aにおいて、P偏光の光量とS偏光の光量とがほぼ等しくなるように入射直線偏光を分割する。そして、第2偏光ビームスプリッター35bにおいて、第1偏光ビームスプリッター35aを透過して直接入射するP偏光と第1偏光ビームスプリッター35aで反射され一对のミラー35cおよび35dを介して入射するS偏光との間にコヒーレント長以上の光路差を付与して合成する。

#### 【0050】

こうして、遅延型デポライザー35では、第1偏光ビームスプリッター35aと第2偏光ビームスプリッター35bとの協働作用により偏光解消を行うことができる。もちろん、水晶プリズムの場合と同様に、光軸AX廻りに回転させることにより偏光解消を行わないように設定することもできる。例えば、入射偏光が第1偏光ビームスプリッター35aにとってすべてS偏光であるような角度に設定すれば偏光解消は行われない。なお、上述の実施形態および変形例において偏光状態可変部に楕円偏光の照明光が入射する場合には、 $\lambda/4$ 板などを用いて楕円偏光を直線偏光に変換して偏光状態可変部へ導くことになる。

#### 【0051】

また、上述の実施形態では、偏光状態測定装置9のピンホール部材90をウェハWの位置またはその近傍に位置決めしている。しかしながら、これに限定されことなく、偏光状態測定装置9のピンホール部材90をマスクWの位置またはその近傍に位置決めし、マスクMに対する照明光の偏光状態を測定することもできる。また、たとえば照明視野絞りとしてのマスクブラインド7の位置またはその近傍に偏光状態測定装置9のピンホール部材90を位置決めし、マスクMの共役位置またはその近傍における照明光の偏光状態を測定することもできる。

#### 【0052】

さらに、図6に示すように、偏光状態測定装置9のピンホール部材90をマスクWの位置またはその近傍に位置決めし、ピンホール部材90とコリメートレンズ91との間に投影光学系PLが介在するような変形例も可能である。図6の変形例では、ピンホール部材90のピンホール90aおよび投影光学系PLを介した光に基づいて、ウェハWに対する照明光(ひいてはマスクMに対する照明光)の偏光状態を測定することもできる。

#### 【0053】

また、上述の実施形態では、偏光状態可変部3を構成する $\lambda/2$ 板31および偏角プリズム32aを水晶により形成している。しかしながら、これに限定されことなく、たとえばフッ化マグネシウムや方解石のような複屈折性の結晶材料を用いてこれらの光学部材を形成することもできる。あるいは、非複屈折性の材料に外部応力を作用させることによって得られた複屈折性材料などを用いることもできる。

#### 【0054】

ところで、上述の各実施形態の偏光状態測定装置を露光装置に着脱可能に設けるには、たとえば特開2002-71514号公報において波面収差測定装置を露光装置に着脱可能に設ける場合と同じ機械的構成を利用することができる。また、本実施形態の偏光状態測定装置を特開2002-71514号公報に開示の波面収差測定装置と一体化することもできる。また、上述の各実施形態では、偏光状態可変部3を照明系中に設けているが、こ

10

20

30

40

50

の偏光状態可変部 3 を投影系中に設けることも可能である。

#### 【0055】

上述の実施形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク（レチクル）を照明し（照明工程）、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、上述の実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図 7 のフローチャートを参照して説明する。

#### 【0056】

10  
まず、図 7 のステップ 301 において、1 ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ 302 において、その 1 ロットのウェハ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップ 303 において、上述の実施形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その 1 ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ 304 において、その 1 ロットのウェハ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップ 305 において、その 1 ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デ  
20

#### 【0057】

また、上述の実施形態の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図 8 のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図 8 において、パターン形成工程 401 では、上述の実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工程を経ることによ  
30

#### 【0058】

次に、カラーフィルター形成工程 402 では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した 3 つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、または R、G、B の 3 本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程 402 の後に、セル組み立て工程 403 が実行される。セル組み立て工程 403 では、パターン形成工程 401 にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程 402 にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。セル組み立て工程 403  
40

#### 【0059】

その後、モジュール組み立て工程 404 にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

#### 【0060】

50  
なお、上述の実施形態では、光源として KrF エキシマレーザ光源または ArF エキシマ

レーザ光源を用いているが、これに限定されることなく、たとえばF<sub>2</sub>レーザ光源のように偏光度を有する光を供給する他の適当な光源に対して本発明を適用することもできる。

#### 【0061】

また、上述の実施形態にかかる偏光状態測定装置では、露光装置の投影光学系の像面に設置されるウェハに対する照明光の偏光状態を測定している。しかしながら、これに限定されることなく、結像光学系の像面に入射する結像光の偏光状態を測定する偏光状態測定装置に対して本発明を適用することができることは明らかである。

#### 【0062】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、たとえばマスクを照明する光の偏光状態を測定し、マスクへの照明光が適切な偏光状態になっていなければ、適切な光学調整により所望の偏光状態を実現することができる。すなわち、本発明の露光装置および露光方法では、マスクに対する照明光が適切な偏光状態になっているかどうかを判定することができ、必要に応じて適切な光学調整により所望の偏光状態を実現することができる。その結果、所望の偏光状態の光でマスクを照明し、適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことができ、ひいては良好なマイクロデバイスを製造することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図1の偏光状態可変部の内部構成を概略的に示す図である。

【図3】図1の偏光状態可変部の作用を説明する図である。

【図4】図1の偏光状態測定装置の内部構成を概略的に示す図である。

【図5】変形例にかかる偏光状態可変部の構成を概略的に示す図である。

【図6】変形例にかかる偏光状態測定装置の構成を概略的に示す図である。

【図7】マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

【図8】マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

##### 【符号の説明】

- 1 光源
- 2 ビーム送光系
- 3 偏光状態可変部
- 4 ビーム形状可変部
- 5 マイクロレンズアレイ（フライアイレンズ）
- 6 コンデンサー光学系
- 7 マスクブラインド（照明視野絞り）
- 8 結像光学系
- 9 偏光状態測定装置
- 10 光量検出部
- 11 制御部
- 31  $\lambda/2$ 板
- 32 偏光解消素子
- 32a 水晶プリズム
- 32b 石英プリズム
- 90 ピンホール部材
- 90a ピンホール
- 94  $\lambda/4$ 板（移相子）
- 95 偏光ビームスプリッター（偏光子）
- 96 二次元CCD
- M マスク
- PL 投影光学系

10

20

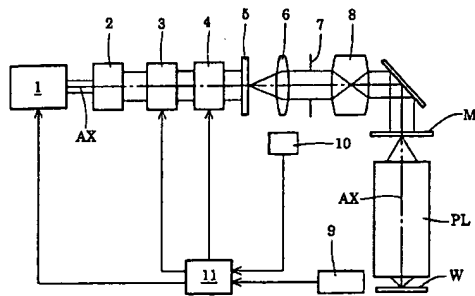
30

40

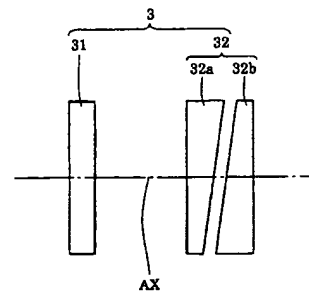
50

W ウェハ

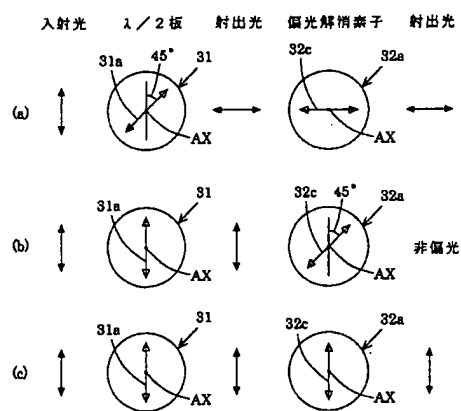
【図 1】



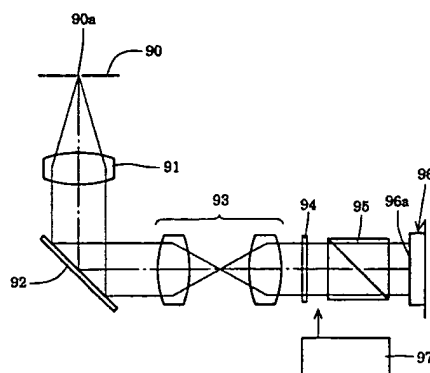
【図 2】



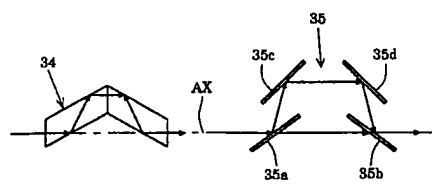
【図 3】



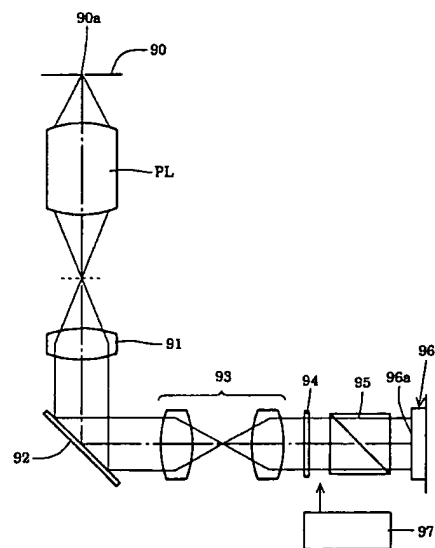
【図 4】



【図 5】

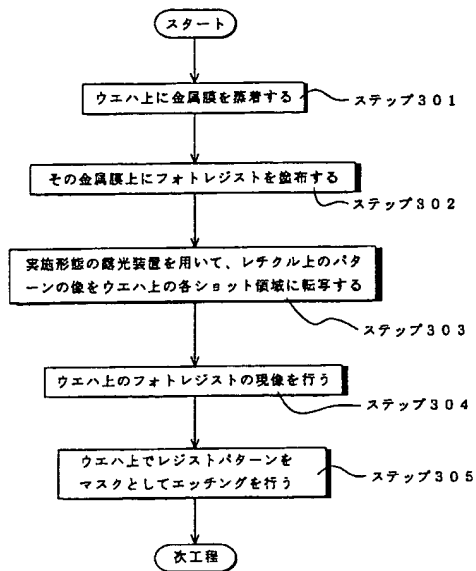


【図 6】





【図 7】



【図 8】

